

# 基于QFD/TRIZ的半导体制冷设备创新研究

朱佳俊\*, 李可用#, 罗海有

辽宁工业大学经济管理学院, 辽宁 锦州

收稿日期: 2021年10月28日; 录用日期: 2021年11月29日; 发布日期: 2021年12月7日

## 摘要

为了充分利用半导体等高科技制冷技术, 实现产品的升级换代, 探索顾客需求物化为具体产品的开发路径和思维模式, 可以起到事半功倍的作用。QFD可以清晰刻画顾客需求和产品实现所面临问题, TRIZ指明了创新的方向。本文论述了QFD和TRIZ各自的优势和功用, 建立了QFD/TRIZ集成模型, 通过矛盾矩阵法, 完成了QFD与TRIZ的柔性对接, 实现了创新流程的一体化。

## 关键词

制冷设备, 创新设计, QFD/TRIZ集成, 半导体技术

# Research on Innovation of Semiconductor Refrigeration Equipment Based on QFD/TRIZ

Jiajun Zhu\*, Keyong Li#, Haiyou Luo

School of Economics and Management, Liaoning University of Technology, Jinzhou Liaoning

Received: Oct. 28<sup>th</sup>, 2021; accepted: Nov. 29<sup>th</sup>, 2021; published: Dec. 7<sup>th</sup>, 2021

## Abstract

In order to make full use of high-tech refrigeration technology, such as the semiconductor, to achieve product upgrading, explore the development path and thinking mode of customer needs into specific products, can play the role of twice the result with half the effort. QFD can clearly depict the problems of customer requirements and product realization, and TRIZ points out the direction of innovation. In this paper, the advantages and functions of QFD and TRIZ are discussed, and the in-

\*第一作者。

#通讯作者。

egrated model of QFD/TRIZ is established, the flexible docking of QFD and TRIZ is completed by the method of Contradiction Matrix, and the integration of innovation process is realized.

## Keywords

Refrigeration Equipment, Innovative Design, QFD/TRIZ Integration, Semiconductor Technology

Copyright © 2021 by author(s) and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY 4.0).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

## 1. 引言

近几年,随着世界经济一体化步伐的加快和基础设施的不断完善,贸易与交通更加便捷顺畅,冷链物流发展迅猛,制冷设备的需求数量和应用领域也在不断扩大。囊括了家用、商用、工业三大场景,涉及冰箱、冷柜、饮水机、食品展示柜、饮料柜、冰箱、储藏柜、自动售货机、制冰机、冷库用制冷机组、冷藏车制冷系统、冷藏集装箱、医用冷柜、冷(盐)水机组、速冻设备、工业制冰设备等产品。2019年,我国制冷设备行业销售额为1985亿元,同比增长2.4%。随人们生活方式的变革,对速冻食品、冻干脱水干果的需求更加旺盛,2019年食品加工制冷设备市场规模达到了30.1亿元,增速为5.4% [1]。同时,由于休闲娱乐和体育健身的追求更加多样化,制冰、造雪等设备的需求也逐渐增加。然而机遇与挑战并存,产品总是赋予了一定的时代特征,节能环保要求越来越高,高精度、低噪声、智能化、小体积的制冷设备成为时代的新要求,产品的更新换代已摆在人们面前。

辽宁作为装备制造业的大省,拥有制冷设备生产企业上百家,产品几乎覆盖了家用、商业、工业用的所有领域。在制冷设备生产上,具有比较完整的产业链,主要集中在沈阳和大连,具有明显的地缘优势,可以形成良好的群聚效应,在生产准时化和资源共享方面具有先天优势。但产品在中低端市场徘徊,同质化明显,缺乏竞争力。在东北的第二次振兴中,辽宁要抓住难得的历史机遇,确定科学的思维模式,选择合理的开发路径,以智能化、数字化、网络化为方向,实现制冷设备等各种装备的改进和创新,走科技发展的道路。有鉴于此,本文从效率和成本的角度出发,借助市场调查法,使用质量屋和矛盾矩阵等分析工具,研究了QFD与TRIZ集成创新的方案,并以半导体制冷设备的创新过程验证了方案的可行性。实践证明,在设计阶段,准确地使用开发工具就可起到事半功倍的作用,可以融通开发路径,提高开发的效率和效果,为经济发展提供强劲的动力。

## 2. QFD与TRIZ概述

QFD (Quality Function Deployment, 质量功能展开)是日本著名质量管理大师水野滋和赤尾洋二提出的产品开发理论,是一种由客户主导的,促进产品开发和把控产品质量的过程方法。需求转化是该方法论的关键部分,产品开发者能够借助质量屋(HOQ)把用户的需求一一对应转化为设计、部件、工艺等技术需求,最终形成创新方案。

TRIZ (Teoriya Resheniya Izobreatatelskikh Zadatch, TRIZ 发明问题解决理论, 俄语)是前苏联科学家阿奇斯勒,在分析了无数发明专利后,总结出一套发明问题解决的系统化方法和标准。用TRIZ解决问题时,首先要将待解决的问题转化为TRIZ标准问题,然后根据TRIZ标准问题的分类,对应使用TRIZ中的理论求出通用解[2],再用具体化专业知识选择最终解决方案。与传统的创新设计方法不同,TRIZ总结了

多个领域解决问题的过程步骤和方法，突破了个人知识水平的局限性，借助系统化的流程解决问题，从而可以防止思维误区的影响。

### 3. 基于 QFD/TRIZ 理论的创新模型

质量和功能是 QFD 特性展开的两方面[3]。将 QFD 特性展开运用到半导体制冷设备的设计实践中，需要将主观的需求通过具体的数量形式体现出来。质量展开，就是在设计过程中，把客户的需求融入进来，保证最终的产品方案切实符合客户需求。而功能展开，就是对已知的客户需求进行分类，并转变为具体的技术参数，对所有的已知信息进行加工，作为产品采购、设计等全寿命过程的依据。

运用 TRIZ 理论解决实际问题时，利用冲突矩阵、分离原理进行冲突分析，能够处理设计中的冲突问题，并进行创新[4]。

遗憾的是，单独用 TRIZ 理论处理问题时有两个缺陷：一是无法准确辨识冲突，二是无法对冲突进行精准的定位。因此，衔接这两种理论，构建新的 QFD/TRIZ 集成模型(如图 1)，才更好地解决问题。

在产品开发的不同阶段，QFD 和 TRIZ 都充分展示了各自的优势和功用，QFD 可以清晰刻画需求是什么，问题是什么，TRIZ 指明了创新的方向在哪里。因此，本文通过矛盾矩阵，拓展了设计者的创新思维空间，克服了个人经验和知识的束缚，在明确和有限的原理中发掘解决方案，实现了 QFD 与 TRIZ 的柔性对接。可以准确地找到问题，并正确地解决问题，有助于节省产品质量优化过程中的时间和成本，提升工作效率，实现了创新的一体化。

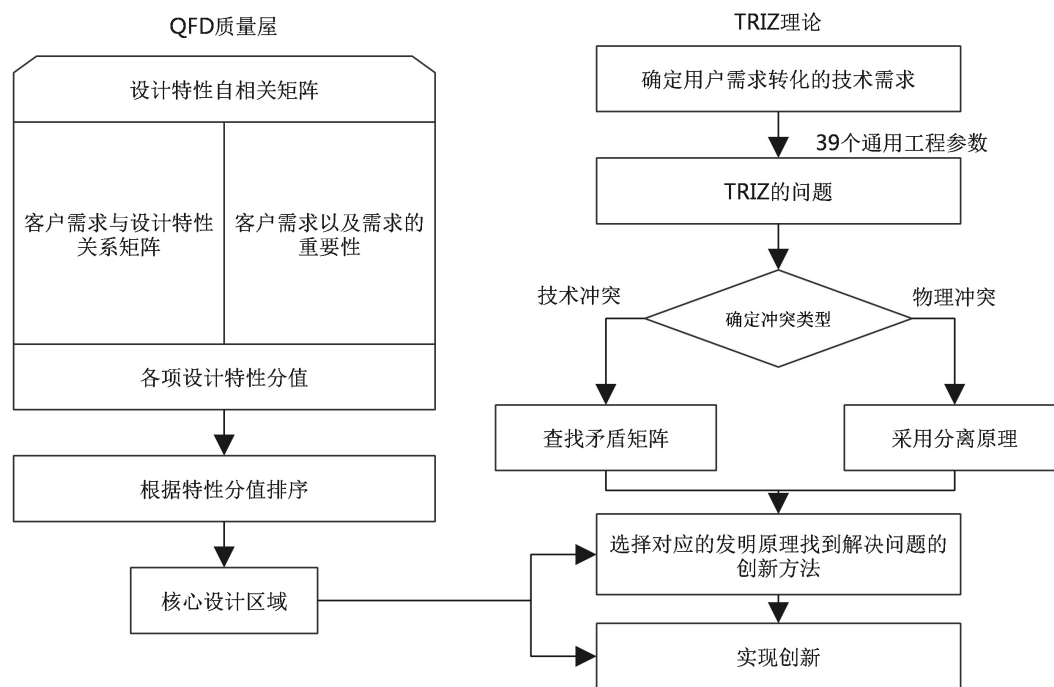


Figure 1. QFD/TRIZ Integrated Model  
图 1. QFD/TRIZ 集成模型

应用 QFD/TRIZ 集成模型创新的具体实施步骤为：

步骤 1：建立 QFD 质量屋，确立创新设计核心问题。

先建立 QFD 质量屋，通过问卷调查、专家访谈两种方法相结合来明确用户需求。用数字 1, 2, 3, 4, 5 表示客户需求的重要性，进行需求重要性评价。数字越大表示重要程度越高。

以 5, 3, 1, 0 为比例标度, 建立设计特性和客户需求相关矩阵。并根据公式(1)计算各个产品设计特性分值:

$$S_j = \sum_{i=1} c_i p_{ij} \quad (1)$$

式中  $c_i$  表示客户需求的重要度,  $p_{ij}$  表示客户需求与特性之间的相关性大小,  $S_j$  表示产品设计特性最终分数。

以产品的设计特性的最终得分  $S_j$  为依据对其进行优先度排序。

位于质量屋上方的自相关矩阵代表每个设计特性间的联系。若提高一设计特性, 使得另一设计特性也提高, 则认为这两个设计特性联系为正相关, 记为“+”。若提高一设计特性导致另一设计特性下降, 则认为这两个特性联系为负相关, 记为“-”。

步骤 2: 分析并解决创新设计的核心问题冲突以实现创新。

用 TRIZ 发明原理和冲突矩阵解决设计冲突的步骤如下: 先对创新设计核心问题进行处理, 然后在 39 个通用工程参数的辅助下建立与负相关设计特性相配套的参数, 从而将创新设计核心问题具化成 TRIZ 问题; 再进行冲突分析, 判断该问题的冲突类别, 并选取对应的发明原理解决冲突。接下来立足于该方案的创新设计核心问题, 采用对应的发明原理解决冲突, 从而实现创新。

#### 4. QFD/TRIZ 集成创新模型的实例验证

半导体组成的控制回路通入直流电流时, 会形成热转换效应, 将这些特点作为工业冷却手段, 是一项区别于传统冷却方式的高科技制冷技术[5]。以该设计技术理论为基础, 借助 QFD/TRIZ 集成模型, 开发工业制冷设备, 具体过程如下:

步骤 1: 构建半导体制冷设备质量屋, 明确创新设计核心问题。

通过调查分析, 确定顾客需求, 并转换成技术特性, 构建半导体制冷设备质量屋(如图 2)。

设计特性	扇叶材料	扇面突出度	体积大小	零件成本	使用稳定性	扇面面积	制冷速率	耗电功率	噪声大小	使用寿命	外观
安全4.46	3		1	1	5				1		
易操作4.04											
耗电量4.15		1	3				1	5	1		
制冷范围3.68		5	3			5	3				
制冷效果4.58		5				5	5	5			
价格3.85	3		1	5	1					3	1
体积小3.12			3								
耐用4.21	3			3	3				3	5	
风格协调2.43											5
形态优美3.05	3	1									5
分数	39.99	48.50	34.92	36.34	38.78	41.30	38.09	43.65	21.24	32.6	31.25

相关程度: 0-无相关 1-弱相关 3-相关 5-强相关

Figure 2. TRIZ conflict matrix for refrigeration equipment  
图 2. 制冷设备 TRIZ 冲突矩阵

通过计算  $S_j$  确定技术特性解决的优先次序为扇面凸度、耗电功率、扇面面积、扇面材料。

分析设计特性的影响关系,发现 3 对负相关特性:从占用空间的角度讲,期望设计的体积小,但从散热的方面考虑又希望扇面面积大,这就形成一对矛盾;既期望好的制冷效果,又希望耗电量低,这就形成第二对矛盾;既希望噪声小,又希望成本低,这就形成第三对矛盾。

步骤 2:分析并解决该方案创新设计的核心问题冲突以实现创新。

以这 3 对创新设计负相关设计特性为根据,一一建立它们与 TRIZ 通用工程参数的联系如表 1。

**Table 1.** Design characteristics of negative correlation and corresponding general engineering parameters of Triz

**表 1.** 负相关设计特性及其对应的 TRIZ 通用工程参数

	负相关设计特性	对应的通用工程参数
第一对	设备风力覆盖面大小	06.静止物体的面积
	设备的占用空间	08.静止物体的体积
第二对	耗电量大小	21.功率
	制冷效果	14.强度
第三对	噪声大小	29.制造精度
	制造原件成本	37.控制和测量的复杂性

要把这 3 对关键冲突问题转化为 TRIZ 问题。利用 TRIZ 冲突矩阵(如表 2 所示)和所对应的发明原理,找到解决问题的方向,解决冲突。根据专业分析,其中的下列原理适于解决制冷设备的设计问题:

先采取发明原理编号 No.14 曲面化原理。利用曲线、曲面或球形等获得特殊性能,在增加设备面积的同时,少量增加设备的体积。

**Table 2.** Technology Conflict Matrix

**表 2.** 技术冲突矩阵

冲突的参数	对应的 TRIZ 解决原理(可选用的原理,即创新方向)
06.静止物体的面积 08.静止物体的体积	1.分割原理; 3.局部质量原理; 4.非对称原理; 14.曲面化原理; 15.动态特性原理
04.强度 21.功率	16.未达到或超过的作用原理; 18.机械震动原理; 19.周期性作用原理; 20.有效作用的连续性原理; 24.中介物原理
29.制造精度 37.控制和测量的复杂性	9.预先反作用原理; 23.反馈原理; 27.廉价替代品原理; 33.同质性原理; 26.物理或化学的参数变化原理

再选择发明原理 No.19 周期性原理和 No.24 借助中介物原理,即借助水的比热容大特性,将半导体制冷产生的冷气导入水中[5],获得温度较低的水,再用热敏电阻对水温进行温度控制,假设水温降低到一定温度,会通过信息传导,自动断开半导体开关,如果水温上升到一定温度又会连接开关,从而实现节能减排的目的。

最后选择 No.09 预先作用原理和 No.27 廉价替代品原理,即为防止设备扇叶在荷载作用下发生松动产生噪声,在施加荷载之前对连接处进行预紧,对于受震动荷载的情况,在预紧的同时还采取防松措施,如用弹性垫圈、止动垫片等,这样在不提高精度的情况下,降低噪音,达到降低成本的目的。

综上,获得创新概念为半导体制冷,水热传导系统,热敏电阻节能装置,凸面增大吹风设计,弹性垫圈等提升稳定性与降噪功能于一体的创新方案,如图 3。

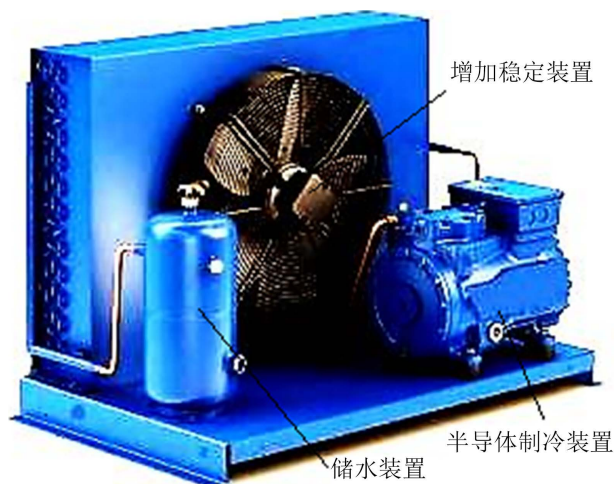


Figure 3. Curve: system result of standard experiment

图 3. 半导体工业制冷设备图

## 5. 结论

通过 QFD 质量屋与 TRIZ 理论的整合，解决了设计阶段两大难题：一是如何收集产品创新的具体问题；二是应该使用哪种思维方式处理该问题。因此，该集成模型是一项系统性的创新思维模式。区别于传统制冷设备的设计，半导体制冷设备的设计，先借助 QFD 把客户抽象化的需求具化为关键设计要素，分析设计要素的矛盾，并根据专业知识转化为通用的工程参数，再使用 TRIZ 解决设计过程中遇到的矛盾冲突，最后得到新型半导体制冷设备的设计方案。在工业生产中，如使用该方案生产半导体制冷设备，降低成本，提高效率，更符合当今绿色经济的倡导，促进当地经济高质量可持续发展。

## 基金项目

本项目为辽宁省社会科学规划基金项目 - 基于 QFD 与 TRIZ 集成的辽宁装备制造业产品创新研究 (L18BGL036)。

## 参考文献

- [1] 杨萍, 邢珊, 王明乾. 2019 年制冷设备行业发展回顾[J]. 冷藏技术, 2020, 43(2): 1-5.
- [2] Ginting, R. and Ramadhan, M. (2021) Designing Carbon Dioxide Absorbent and Detector Products Using the Quality Function Deployment (QFD) Method. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, **1041**, 23-27. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/1041/1/012041>
- [3] 陈亮, 窦昊. 基于质量功能展开、发明问题解决理论和仿生学的产品创新设计[J]. 中国机械工程, 2020, 31(11): 85-95.
- [4] 李竟达. TRIZ 理论下的技术创新和商业模式协同创新[J]. 财富时代, 2020(11): 158-159.
- [5] 胡国喜. 半导体制冷技术及应用路径研究[J]. 电子制作, 2020(9): 74-75.